

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-354878

(43)Date of publication of application : 16.12.2004

(51)Int.Cl.

G03B 5/00

H04N 5/232

// H04N101:00

(21)Application number : 2003-154833

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 30.05.2003

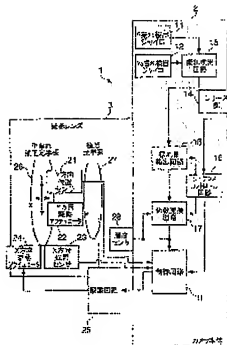
(72)Inventor : HARA YOSHIHIRO

(54) IMAGING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an imaging device capable of performing highly accurate hand shake correction at a low cost.

SOLUTION: A camera with hand shake correcting function 1 is equipped with a Ya deflection detecting gyroscope 12 for detecting the deflection of the direction of a yaw, a P deflection detecting gyroscope 11 for detecting the deflection of the direction of a pitch and a hand shake correcting optical system 26 which corrects hand shake based on an output signal outputted from the Ya deflection detecting gyroscope 12 and an output signal outputted from the P deflection detecting gyroscope 11. In the Ya deflection detecting gyroscope 12 and the P deflection detecting gyroscope 11, a gyroscope having higher deflection detecting accuracy is used for the P deflection detecting gyroscope 11.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

02.06.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ヨー方向の振れを検出する横振れ検出センサと、
ピッチ方向の振れを検出する縦振れ検出センサと、
前記横振れ検出センサから出力される出力信号と前記縦振れ検出センサから出力される出力信号とに基づいて手振れを補正する手振れ補正部とを備え、
前記横振れ検出センサと前記縦振れ検出センサとにおいて、振れ検出精度の高いセンサを前記縦振れ検出センサに用いることを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

前記横振れ検出センサと前記縦振れ検出センサとにおいて、検出感度の温度変動が小さい 10
センサを前記縦振れ検出センサに用いることを特徴とする請求項 1 記載の撮像装置。

【請求項 3】

前記横振れ検出センサと前記縦振れ検出センサとは駆動周波数が異なることを特徴とする
請求項 1 又は 2 記載の撮像装置。

【請求項 4】

前記横振れ検出センサ及び前記縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方の温度を検出する
温度センサと、

前記温度センサから出力される温度情報に基づいて、前記横振れ検出センサ及び前記縦振
れ検出センサのうちの少なくとも一方から出力される出力信号の感度を補正する感度補正
部とをさらに備えることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の撮像装置。 20

【請求項 5】

前記温度情報に対応付けられる感度の補正係数を記憶するルックアップテーブルをさらに
備え、

感度補正部は、前記ルックアップテーブルを参照して前記補正係数を決定し、決定された
前記補正係数により前記横振れ検出センサ及び前記縦振れ検出センサのうちの少なくとも
一方から出力される出力信号の感度を補正することを特徴とする請求項 4 記載の撮像装置
。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、デジタルカメラやデジタルビデオカメラにおける手振れを補正する撮像装置に
関するものである。 30

【0002】

【従来の技術】

従来、カメラ等の撮像装置において、撮影者による手振れを補正するための機構が知られ
ている。このような手振れ補正機構では、手振れを検出するセンサとして、例えばジャイ
ロが用いられる。手振れ補正機構を有する撮像装置は、ジャイロにより角速度を検出し、
検出された角速度により撮像装置の振れ量を検出し、検出された振れ量から撮像素子又は
補正光学系の移動量を算出し、算出された移動量に応じて撮像素子又は補正光学系を移動
させることによって手振れの補正が行われる。 40

【0003】

ジャイロは、圧電素子に所定の電圧を印加することによって振動させ、この振動している
圧電素子に角速度が作用することによって振動方向に対して直角に働くコリオリ力により
振動の軸対称性が崩れて歪が生じることとなり、圧電素子に歪が生じることによって電荷
が発生する現象を利用して角速度を測定する。

【0004】

ここで、ジャイロから出力される出力電圧の感度は、材料独特の温度特性を有している。
したがって、ジャイロを用いて手振れ補正を行う場合、この温度特性を考慮した感度の温
度補正を行う必要があった。

【0005】

圧電素子の温度特性による感度の温度補正を行う方法として、従来のジャイロでは、温度補正用の抵抗を設けることによって、温度による誤差を補正している（特許文献1参照）。

【0006】

また、手振れは、撮影者がカメラのレリーズ釦を押下する動作に起因して主に発生する。すなわち、手振れは、カメラのピッチ方向の振れのほうが、ヨー方向の振れよりも大きくなる傾向にある。

【0007】

そのため、従来の撮像装置では、ピッチ方向の振れ検出の単位時間あたりのサンプリング数をヨー方向の振れ検出の単位時間あたりのサンプリング数よりも大きくすることによって測定精度を向上させている（例えば、特許文献2参照）。 10

【0008】

【特許文献1】

特開平11-344344号公報

【特許文献2】

特開2001-290183号公報

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記特許文献1では、温度による誤差を補正するための抵抗をジャイロに新たに設ける必要があるため、ジャイロにかかるコストが上昇してしまうという問題を有している。 20

【0010】

また、上記特許文献2では、単位時間あたりのサンプリング数を変更するため、サンプリング周波数を変更する必要があるため、回路構成が複雑になるという問題を有している。

【0011】

本発明は、上記の問題を解決するためになされたもので、低コストで精度の高い手振れ補正を行うことができる撮像装置を提供することを目的とするものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る撮像装置は、ヨー方向の振れを検出する横振れ検出センサと、ピッチ方向の振れを検出する縦振れ検出センサと、前記横振れ検出センサから出力される出力信号と前記縦振れ検出センサから出力される出力信号とに基づいて手振れを補正する手振れ補正部とを備え、前記横振れ検出センサと前記縦振れ検出センサとにおいて、振れ検出精度の高いセンサを前記縦振れ検出センサに用いることを特徴としている。 30

【0013】

この構成によれば、横振れ検出センサによって、撮像装置のヨー方向の振れが検出され、縦振れ検出センサによって、撮像装置のピッチ方向の振れが検出され、横振れ検出センサから出力される出力信号と縦振れ検出センサから出力される出力信号とに基づいて撮像装置の手振れが補正され、横振れ検出センサと縦振れ検出センサとにおいて、振れ検出精度の高いセンサが縦振れ検出センサとして用いられる。 40

【0014】

したがって、ヨー方向の振れよりもピッチ方向の振れの振れ量のほうが大きい撮像装置において、前記横振れ検出センサと前記縦振れ検出センサとのうち、振れ検出精度の高いセンサが縦振れ検出センサに用いられるので、従来のように温度による誤差を補正するための構成を新たに設ける必要がなく、また従来のように回路構成を複雑にすることなく、低コストで精度の高い手振れ補正を行うことができる。

【0015】

また、上記の撮像装置において、前記横振れ検出センサと前記縦振れ検出センサとにおいて、検出感度の温度変動が小さいセンサを前記縦振れ検出センサに用いることが好ましい。

【0016】

この構成によれば、横振れ検出センサによって、撮像装置のヨー方向の振れが検出され、縦振れ検出センサによって、撮像装置のピッチ方向の振れが検出され、横振れ検出センサから出力される出力信号と縦振れ検出センサから出力される出力信号とに基づいて撮像装置の手振れが補正され、横振れ検出センサと縦振れ検出センサとにおいて、検出感度の温度変動が小さいセンサが縦振れ検出センサとして用いられる。

【0017】

したがって、ヨー方向の振れよりもピッチ方向の振れの振れ量のほうが大きい撮像装置において、前記横振れ検出センサと前記縦振れ検出センサとのうち、検出感度の温度変動が小さいセンサが縦振れ検出センサに用いられるので、従来のように温度による誤差を補正するための構成を新たに設ける必要がなく、また従来のように回路構成を複雑にすることなく、低コストで精度の高い手振れ補正を行うことができる。

【0018】

また、上記の撮像装置において、前記横振れ検出センサと前記縦振れ検出センサとは駆動周波数が異なることを特徴としている。

【0019】

この構成によれば、横振れ検出センサと縦振れ検出センサとは駆動周波数が異なるので、圧電素子を有する振動ジャイロにより横振れ検出センサと縦振れ検出センサとが構成される場合、2つのセンサによる共振を防止することができる。

【0020】

また、上記の撮像装置において、前記横振れ検出センサ及び前記縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方の温度を検出する温度センサと、前記温度センサから出力される温度情報に基づいて、前記横振れ検出センサ及び前記縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方から出力される出力信号の感度を補正する感度補正部とをさらに備えることを特徴としている。

【0021】

この構成によれば、横振れ検出センサ及び縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方の温度を検出する温度センサによって、当該横振れ検出センサ及び縦振れ検出センサの温度が温度情報として検出され、感度補正部によって、温度センサによって検出された温度情報に基づいて、横振れ検出センサ及び縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方から出力される出力信号の感度が補正される。

【0022】

したがって、横振れ検出センサ及び縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方から出力される出力信号に対して、横振れ検出センサ及び縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方の感度の温度変動に応じた補正を行うことができ、低コストで精度の高い手振れ補正を行うことができる。

【0023】

また、上記の撮像装置において、前記温度情報に対応付けられる感度の補正係数を記憶するルックアップテーブルをさらに備え、感度補正部は、前記ルックアップテーブルを参照して前記補正係数を決定し、決定された前記補正係数により前記横振れ検出センサ及び前記縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方から出力される出力信号の感度を補正することを特徴としている。

【0024】

この構成によれば、温度情報に対応付けられる感度の補正係数を記憶するルックアップテーブルを参照して補正係数が決定され、決定された補正係数により横振れ検出センサ及び縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方から出力される出力信号の感度が補正されるので、横振れ検出センサ及び縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方の温度を検出することによって、容易に感度の補正を行うことができ、低コストで精度の高い手振れ補正を行うことができる。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る実施形態を図面に基いて説明する。なお、各図において同一の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0026】

（第1の実施形態）

図1は、第1の実施形態における手振れ補正機能付きカメラの一実施形態を構成するカメラ本体に内蔵された主要部材の配置を示す外観図である。

【0027】

図1に示すように、第1の実施形態に係る手振れ補正機能付きカメラ1は、カメラ本体2と、このカメラ本体2の正面略中央に撮影レンズ3とが設けられている。手振れ補正機能付きカメラ1には、カメラ本体2の内部にP（ピッチ）振れ検出ジャイロ11、Ya（ヨー）振れ検出ジャイロ12及び温度センサ13が設けられ、カメラ本体2の上面の正面から見て左端部にレリーズ釦14が設けられている。なお、本実施形態において、カメラ1に対して横方向をX軸方向とし、カメラ1に対して縦方向をY軸方向とし、X軸周りの回転方向をピッチ（P）方向とし、Y軸周りの回転方向をヨー（Ya）方向とする。

【0028】

図2は、第1の実施形態における手振れ補正機能付きカメラの構成を概略的に示すブロック図である。

【0029】

図2において、第1の実施形態における手振れ補正機能付きカメラ1は、カメラ本体2及び撮影レンズ3を備えて構成される。カメラ本体2は、P振れ検出ジャイロ11、Ya振れ検出ジャイロ12、レリーズ釦14、振れ検出回路15、振れ量検出回路16、係数変換回路17、シーケンスコントロール部18及び制御回路19を備える。撮影レンズ3は、Y方向位置センサ21、Y方向駆動アクチュエータ22、X方向位置センサ23、X方向駆動アクチュエータ24、駆動回路25、手振れ補正光学系26、撮影光学系27及び温度センサ28を備えて構成される。

【0030】

まず、カメラ本体2について説明する。レリーズ釦14は、図1の矢印Y1に示す方向に半押しされる半押し状態で撮影準備状態となる。この撮影準備状態では、被写体に自動的にピントを合わせるオートフォーカス（AF）、露出を自動的に決定するオートエクスポージャー（AE）及び手振れ補正機能が動作する。手振れ補正機能は、フレーミングを容易にするために半押し状態中は連続して動作し続ける。また、レリーズ釦14が、撮影者によって図1の矢印Y1に示す方向に全押しされる全押し状態にされると、撮影が行われる。すなわち、AEで決定された露出状態に従って、撮像素子（不図示）が適正露出になるように露光制御が行われる。なお、暗所では、シャッタースピードが低速となり、カメラ振れが発生するので、この間もカメラの振れによる像振れを補正するように、適正な振れ補正制御が行われる。

【0031】

また、上述のように、カメラ1は、図1の矢印Y1に示す方向にレリーズ釦14を押し込む構成となっているため、図1の矢印Y2に示すヨー方向よりも図1の矢印Y3に示すピッチ方向の振れのほうが大きくなる。したがって、手振れ補正の全体的な補正性能を向上させるためには、ヨー方向の振れよりもピッチ方向の振れに対する補正性能を向上させることが好ましい。

【0032】

P振れ検出ジャイロ11は、カメラのピッチ方向の振れを検出するジャイロセンサであり、Ya振れ検出ジャイロ12は、カメラのヨー方向の振れを検出するジャイロセンサである。ジャイロセンサは、測定対象物（本実施形態ではカメラ）が振れによって回転した場合における振れの角速度を検出する。ジャイロセンサは、圧電素子を有しており、電圧を圧電素子に印加することによって振動させる。そして、この圧電素子に回転運動による角速度が加わると、振動方向に対して直角の方向にコリオリ力が発生し、圧電素子に歪みが

生じる。ジャイロセンサは、この歪みを電気信号として取り出すことによって、角速度を検出する。

【0033】

なお、本実施形態における手振れ補正機能付きカメラ1では、P振れ検出ジャイロ11とYa振れ検出ジャイロ12において、振れ検出精度の高いジャイロ、例えば、検出感度の温度変動が小さいジャイロをP振れ検出ジャイロ11に用いる。

【0034】

P振れ検出ジャイロ11が検出したP振れ角速度信号及びYa振れ検出ジャイロ12が検出したYa振れ角速度信号は、振れ検出回路15に入力される。振れ検出回路15は、各角速度信号からノイズ及びドリフトを低減するためのフィルタ回路（ローパスフィルタ及びハイパスフィルタ）及び各角速度信号を増幅するための増幅回路などを備えて構成される。

【0035】

振れ検出回路15から出力される各角速度信号は、振れ量検出回路16に入力される。振れ量検出回路16は、各角速度信号を所定の時間間隔で取り込み、カメラのX方向の振れ量を $detx$ 、Y方向の振れ量を $dety$ として係数変換回路17に出力する。

【0036】

係数変換回路17は、手振れ補正光学系26の固体ばらつきや周囲温度に応じて補正しつつ、各方向の振れ量（ $detx$ 、 $dety$ ）を各方向の移動量（ px 、 py ）に変換する。手振れ補正光学系26の固体ばらつきは、例えば、カメラ本体の出荷時の検査において、実測値をカメラ本体に搭載されているメモリ（不図示）に記憶させる。温度特性も実測するなどして該メモリに記憶させる。

【0037】

係数変換回路17から出力された各方向の移動量（ px 、 py ）を示す信号は、制御回路19に入力される。制御回路19は、駆動回路25、X、Y方向駆動アクチュエータ22、24及びX、Y方向位置センサ21、23の温度等による環境変化や経時変化を考慮して、各方向の移動量（ px 、 py ）を示す信号を実際の駆動信号（ $drv x$ 、 $drv y$ ）に変換する。

【0038】

制御回路19から出力された各方向の駆動信号（ $drv x$ 、 $drv y$ ）は、駆動回路25に入力される。

【0039】

これら振れ量検出回路16、係数変換回路17及び制御回路19の動作は、シーケンスコントロール回路18によって制御される。すなわち、シーケンスコントロール回路18は、リリース釦14が全押しされると、振れ量検出回路16を制御することによって、各方向の振れ量（ $detx$ 、 $dety$ ）を取り込む。次に、シーケンスコントロール回路18は、係数変換回路17を制御することによって、各方向の振れ量を各方向の移動量（ px 、 py ）に変換させる。次に、シーケンスコントロール回路18は、制御回路19を制御することにより、各方向の移動量に基づいて操作値を演算させる。このような動作を手振れを補正するために、リリース釦14が全押しされ露光が終了するまでの期間中、一定の時間間隔で繰り返し行われる。ここで、カメラの振れ、いわゆる手振れは、約10Hzの小振幅である筋肉の振動、3Hz以下の大振幅である体の揺れ、及び、5Hz程度の大振幅であるリリース釦14を操作する際に生じる振れが合成された振動であると言われている。このことから、本実施形態では例えば0.0005秒間隔（2kHz）で手振れ補正を行う。

【0040】

なお、シーケンスコントロール回路18は、リリース釦14が半押しされると不図示の回路を用いて測光や被写体距離検出などの撮影の準備を行い、リリース釦14が全押しされるとフォーカス調整用のレンズを駆動するなどして撮影を行う動作も行う。

【0041】

次に、撮影レンズ 3 について説明する。

【0042】

温度センサ 28 は、例えば、サーミスタなどであり、周囲温度を検出してカメラ本体 2 の係数変換回路 17 及び制御回路 19 に検出結果を出力する。検出結果は、温度による特性の変化を補正するために利用される。例えば、手振れ補正光学系 26 や各方向の位置センサ 21、23 の温度変化に対する補正、各方向の駆動アクチュエータ 22、24 の基本駆動周波数、駆動電圧などの補正である。これらは、カメラ本体 2 内の前述のメモリ（不図示）に各特性ごとに温度に対する補正値を示す LUT を予め記憶させることで行う。

【0043】

撮影光学系 27 は、被写体からの被写体光を撮像面に結像させる。手振れ補正光学系 26 は、手振れを補正するためのレンズであり、被写体からの被写体光を屈折させる。

【0044】

Y 方向位置センサ 21 は、手振れ補正光学系 26 の Y 方向の位置を検出し、検出結果を駆動回路 25 に出力する。Y 方向駆動アクチュエータ 22 は、例えば、圧電素子を用いたインパクト型圧電アクチュエータであり、駆動回路 25 から出力される駆動電圧に従って手振れ補正光学系 26 を Y 方向に移動する。X 方向位置センサ 23 は、手振れ補正光学系 26 の X 方向の位置を検出し、検出結果を駆動回路 25 に出力する。X 方向駆動アクチュエータ 24 は、例えば、圧電素子を用いたインパクト型圧電アクチュエータであり、駆動回路 25 から出力される駆動電圧に従って手振れ補正光学系 26 を X 方向に移動する。

【0045】

Y 方向位置センサ 21 及び X 方向位置センサ 23 は、例えば、赤外発光ダイオード（IR ED）とスリットとを可動側に搭載させ、固定側にポジションセンサ（PSD, Position Sensitive Devices）を搭載させて構成される。Y 方向位置センサ 21 及び X 方向位置センサ 23 の各出力は、制御回路 19 に入力される。駆動回路 25 は、カメラ本体 2 の制御回路 19 から出力された制御信号に基づいて Y 方向駆動アクチュエータ 22 及び X 方向駆動アクチュエータ 24 にそれぞれ駆動電圧を供給する。

【0046】

次に、手振れ補正光学系ユニットの構成について説明する。

【0047】

図 3 は、手振れ補正光学系ユニットの構成を概略的に示す図である。

【0048】

図 3 において、手振れ補正光学系ユニット 4 は、Y 方向駆動アクチュエータ 22、X 方向駆動アクチュエータ 24、手振れ補正光学系 26、土台 30、台板 31、レンズ枠 32、Y 方向スライド軸 34 y、X 方向スライド軸 34 x、Y 方向スライドガイド 35 y、X 方向スライドガイド 35 x、Y 方向サブガイド 36 y 及び X 方向サブガイド 36 x を備えて構成される。

【0049】

土台 30 は、手振れ補正光学系ユニット 4 の各部を搭載する部材である。土台 30 は、撮影レンズ 3 の鏡胴に固定される。X 方向駆動アクチュエータ 24 は、例えば、素子固定式構造のインパクト型圧電アクチュエータであり、土台 30 の一方に固定されて搭載される。X 方向駆動アクチュエータ 24 の移動部材 241 x が移動する方向を X 方向とする。

【0050】

X 方向スライドガイド 35 x は、基部の両端に一对の凸形状のスライダを備えた略コ字形状をした動力伝達部材である。この X 方向スライドガイド 35 x の基部は、移動部材 241 x に固着され、一对のスライダの端部は、それぞれにおいて、一方の端部が基部に固着し、他方の端部が台板 31 に固着している。そして、一对のスライダには、X 方向スライド軸 34 x が貫通する孔を有し、X 方向スライド軸 34 x に沿って移動可能となっている。X 方向スライド軸 34 x は、X 方向スライドガイド 35 x が X 方向スライド軸 34 x に沿って移動可能となるように土台 30 と間隔を空けて、その両端部が土台 30 に固着され

ている。一方、台板 3 1 には、X 方向スライドガイド 3 5 x が固着されている側と対向する側に X 方向サブガイド 3 6 x のスライダが固着されている。X 方向サブガイド 3 6 x は、スライダとスライダ軸とからなる。X 方向サブガイド 3 6 x のスライダは、スライダ軸を貫通する孔を有し、このスライダ軸は、該スライダがスライダ軸に沿って移動可能となるように土台 3 0 と間隔を空けて、その両端部が土台 3 0 に固着されている。これによって X 方向サブガイド 3 6 x は、台板 3 1 が X 方向にスムーズに移動するように X 方向スライドガイド 3 5 x を補助すると共に、光軸方向に台板 3 1 が傾かないように支えている。

【0051】

Y 方向駆動アクチュエータ 2 2 は、例えば、素子固定式構造のインパクト型圧電アクチュエータであり、X 方向と直交するように台板 3 1 に固定されて搭載される。

【0052】

Y 方向スライドガイド 3 5 y は、基部の両端に一对の凸形状のスライダを備えた略コ字形状をした動力伝達部材である。この Y 方向スライドガイド 3 5 y の基部は、移動部材 2 2 y に固着され、一对のスライダの端部は、それぞれにおいて、一方の端部が基部に固着し、他方の端部がレンズ枠 3 2 に固着している。そして、一对のスライダには、Y 方向スライド軸 3 4 y が貫通する孔を有し、Y 方向スライド軸 3 4 y に沿って移動可能となっている。Y 方向スライド軸 3 4 y は、Y 方向スライドガイド 3 5 y が Y 方向スライド軸 3 4 y に沿って移動可能となるように台板 3 1 と間隔を空けて、その両端部が台板 3 1 に固着されている。一方、レンズ枠 3 2 には、Y 方向スライドガイド 3 5 y が固着されている側と対向する側に Y 方向サブガイド 3 6 y のスライダが固着されている。Y 方向サブガイド 3 6 y は、スライダとスライダ軸とからなる。Y 方向サブガイド 3 6 y のスライダは、スライダ軸を貫通する孔を有し、このスライダ軸は、該スライダがスライダ軸に沿って移動可能となるように台板 3 1 と間隔を空けて、その両端部が台板 3 1 に固着されている。これによって Y 方向サブガイド 3 6 y は、レンズ枠 3 2 が Y 方向にスムーズに移動するように Y 方向スライドガイド 3 5 y を補助すると共に、光軸方向にレンズ枠 3 2 が傾かないように支えている。レンズ枠 3 2 は、手振れ補正光学系 2 6 を保持する保持部材である。

【0053】

このような構成によって、手振れ補正光学系 2 6 は、制御回路 1 9 による位置サーボ制御の基で、最適な制御（速度）状態で、X 方向、Y 方向に連続的に追従制御しながら被写体光をそれぞれの方向に屈折する。その結果、手振れ補正が可能となる。

【0054】

次に、制御回路 1 9 及びその周辺回路についてさらに説明する。

【0055】

図 4 は、制御回路及びその周辺回路の構成を示すブロック図である。なお、手振れ補正は、X 方向及び Y 方向について補正するので、X 方向駆動アクチュエータ 2 4 を制御する構成及び Y 方向駆動アクチュエータ 2 2 を制御する構成が必要である。これら両構成は同一であるので、図 4 は、X 方向駆動アクチュエータ 2 4 を制御する構成を示し、Y 方向駆動アクチュエータ 2 2 を制御する構成については省略してある。以下の説明も Y 方向駆動アクチュエータ 2 2 を制御する構成については省略する。

【0056】

図 4 において、制御回路 1 9 は、減算回路 1 9 0、PID 1 9 1、LU テーブル回路（LUT）1 9 2、DAC 1 9 3、PWM コントローラ 1 9 4、PWM 回路 1 9 5、駆動周波数決定回路 1 9 6、単位変換回路 1 9 7 及び ADC 1 9 8 を備えて構成される。駆動回路 2 5 は、電圧変更回路 2 5 1 及び Hブリッジ回路 2 5 2 を備えて構成され、X 方向位置センサ 2 3 は、IRED 2 3 1、PSD 2 3 2 及び PSD 信号処理回路 2 3 3 を備えて構成される。

【0057】

X 方向駆動アクチュエータ 2 4 の移動部材に取り付けられた IRED 2 3 1 の赤外線は、スリットを介して PSD 2 3 2 に入射される。PSD 2 3 2 は、この赤外線を検出し、検出結果を PSD 信号処理回路 2 3 3 に出力する。PSD 信号処理回路 2 3 3 は、検出結果

を移動部材の現在位置 $p \times n$ 、すなわち、手振れ補正光学系 26 の現在位置 $p \times n$ を示すアナログ電圧になるように処理して、該アナログ電圧を制御回路 19 の ADC 198 に出力する。

【0058】

ADC 198 は、アナログ・デジタル変換回路であり、手振れ補正光学系 26 の現在位置 $p \times n$ を示すアナログ電圧を 10 ビット (bit) のデジタル信号に変換し、単位変換回路 197 に出力する。単位変換回路 197 は、係数変換回路 17 から入力された目標位置 $p \times$ と同じ単位になるように、デジタル信号に変換された現在位置を示す信号を定倍 (Kps 倍) する。Kps 倍された現在位置を示す信号は、駆動周波数決定回路 196 と目標位置 $p \times$ を示す信号が入力される減算回路 190 とに入力される。

10

【0059】

駆動周波数決定回路 196 は、特定の条件下における駆動周波数であるアクチュエータの基本駆動周波数を基に、手振れ補正光学系 26 の固体ばらつき及び温度特性を考慮して、駆動周波数を演算する。すなわち、駆動周波数決定回路 196 は、手振れ補正光学系 26 の固体ばらつき及び周囲温度に応じて基本駆動周波数を補正して駆動周波数を演算する。駆動周波数における手振れ補正光学系 26 の固体ばらつきは、例えば、カメラ本体の出荷時の検査において補正値を実測するなどして補正値をカメラ本体に搭載されている前述のメモリ (不図示) に記憶させる。駆動周波数の温度特性も実測などすることによって温度補正テーブルとして基本駆動周波数の補正値を温度ごとに該メモリに記憶させる。駆動周波数決定回路 196 で演算された駆動周波数を示す信号は、PWM コントローラ 194 に入力される。このように駆動周波数決定回路 196 によって基本駆動周波数が補正されるので、手振れ補正光学系 26 の固体ばらつきや温度変化があった場合でも、適切な基本駆動周波数となる。

20

【0060】

一方、係数変換回路 17 から制御回路 19 に入力された目標位置 $p \times$ を示す信号は、減算回路 190 で現在位置 $p \times n$ を示す信号で減算される。減算された制御偏差信号は、PID 191 に入力される。PID 191 は、目標位置 $p \times$ と現在位置 $p \times n$ との差に対して最適な操作値となるように、比例、微分、積分のゲインを決定する。このゲインで増幅された制御偏差信号は、PID 191 から LUT テーブル回路 192 と PWM コントローラ 194 に入力される。

30

【0061】

LUT テーブル回路 192 は、メモリ内の電圧 LUT テーブルを参照して、制御偏差信号に応じて駆動電圧の直流電源電圧 V_p の電圧値を決定する。決定された駆動電圧の電圧値は、DAC 193 に入力される。ここで、LUT テーブル回路 192 は、比例ゲイン、微分ゲイン (高周波成分のゲイン) などでは設定が困難な、非線形部分のゲインを設定する。例えば、本駆動装置の場合では、0 ~ 1.5 V を印加しても摩擦によって動作しない不感帯に対応する観点から、その値の制御値が入力されても 1.5 V を出力すると共に、駆動装置の耐久性を確保する観点から駆動装置の不要な高温化を避けるため、印加電圧の最大値を制限する。この LUT テーブルは、例えば、図 5 に示す特性を実現するようにテーブル化される。

40

すなわち、入力電圧が -5.5 V 以下の場合では出力電圧が -5.5 で一定となるように、入力電圧が -5.5 V 以上 0 V 未満では (出力電圧) = $(4/5.5) \times$ (入力電圧) - 1.5 の比例関係になるように、入力電圧が 0 V 以上 5.5 V 以下では (出力電圧) = $(4/5.5) \times$ (入力電圧) + 1.5 の比例関係になるように、そして、入力電圧が 5.5 V 以上では出力電圧が 5.5 V で一定となるように、テーブル化される。

【0062】

DAC 193 は、デジタル・アナログ変換回路であり、この駆動電圧の電圧値を 8 ビットでアナログ電圧に変換し、駆動回路 25 に入力する。これによって、駆動回路 25 が図 7 に示す回路である場合に、直流電源電圧 V_p が LUT テーブル回路 192 で決定された駆動電圧の電圧値に変更される。これによって、シャッターが開いて被写体像を撮像 (露光

50

）している間、手振れ補正が実施されるように、移動部材、すなわち、手振れ補正光学系 26 は所定の時間間隔で連続的に移動し続ける。

【0063】

また、PWMコントローラ 194 は、PID 191 からの制御偏差信号の符号に応じて手振れ補正光学系 26 の移動方向を決定し、これに応じてデューティ比 D を正方向の場合は 3 : 7 に、逆方向の場合は 7 : 3 に設定する。PWMコントローラ 194 は、駆動周波数決定回路 196 で演算された駆動周波数で、かつ、設定したデューティ比 D で矩形波電圧を発生させるように制御信号を PWM 回路 195 に出力する。PWM 回路 195 は、この状態の矩形波の駆動電圧を発生させ、駆動回路 25 の Hブリッジ回路 252 に供給する。Hブリッジ回路 252 は、例えば、図 7 に示す回路が利用される。

10

【0064】

X 方向駆動アクチュエータ 24 の電気機械変換素子は、この Hブリッジ回路 252 によって駆動され、X 方向駆動アクチュエータ 24 は、手振れ補正光学系 26 を所定の速度で目標位置に向かって移動させる。そして、制御回路 19 は、最新の目標位置 p_x 、現在位置 p_{xn} の差に対して PID 回路 191、LUT 192 及び DAC 194 で最適な印加電圧を Hブリッジ回路 252 に印加すると共に、駆動周波数決定回路 196、PWMコントローラ 194 及び PWM 回路 195 から Hブリッジ回路 252 に最適な駆動パルス信号を供給し続けることで、手振れ補正光学系 26 を連続的に駆動し、シャッターが開いている間は、手振れ補正を連続的に行うことが可能となる。

【0065】

次に、本実施形態における手振れ補正機能付きカメラの動作について説明する。

20

【0066】

撮影者によってレリーズ釦 14 が全押しされると、手振れを補正するために、シーケンスコントロール回路 18 は、P 振れ検出ジャイロ 11 及び Y a 振れ検出ジャイロ 12 がそれぞれ検出した各方向の角速度を振れ量検出回路 16 及び係数変換回路 17 を用いて、手振れ補正光学系 26 を移動させるべき各方向の目標位置 (p_x 、 p_y) を示す信号に変換させ、制御回路 19 に入力させる。

【0067】

X 方向駆動アクチュエータ 24 と Y 方向駆動アクチュエータ 22 との動作は、同様のので、以下、X 方向駆動アクチュエータ 24 の動作を説明する。

30

【0068】

制御回路 19 は、X 方向位置センサ 23 から手振れ補正光学系 26 の現在位置 p_{xn} を示す信号を取得する。現在位置 p_{xn} を示す信号は、ADC 198 でデジタル信号に変換され、そして、単位変換回路 197 で目標位置 p_x を示す信号と同じ単位に変換される。変換された現在位置 p_{xn} を示す信号は、駆動周波数決定回路 196 及び目標位置 p_x を示す信号と減算する減算回路 190 に入力される。

【0069】

減算回路 190 は、目標位置 p_x から現在位置 p_{xn} を減算することによって制御偏差信号を演算し、制御偏差信号は、PID 191 で上記の処理がなされた後に、LUT 回路 192 及び PWM コントローラ 194 に出力される。LUT 回路 192 は、制御偏差信号に基づいて、電圧 LUT テーブルを参照することによって駆動電圧の電圧値 V_{px} を決定する。決定された電圧値 V_{px} は、DAC 193 でアナログ信号に変換された後に、駆動回路 25 の電圧変換回路 251 に入力され、駆動回路 25 の直流電源電圧の値が電圧値 V_{px} に設定される。

40

【0070】

一方、駆動周波数決定回路 196 は、現在位置 p_{xn} を示す信号が入力されたことをトリガーに、温度センサ 13 で検出された周囲温度に基づいて、不図示のメモリに記憶された温度補正テーブルを参照することによって検出周囲温度に対応する補正值を判断する。駆動周波数決定回路 196 は、該メモリに記憶された固体ばらつきによる補正值及び周囲温度による補正值によって、該メモリに記憶された基本駆動周波数を修正することで、駆動

50

周波数を決定する。なお、この駆動周波数の決定は、手振れ補正のフィードバックの位置サーボ制御ごとに必ずしも行われる必要はなく、起動時のみに、または、数回に1回の割合でもよい。

【0071】

決定された駆動周波数を示す信号は、PWMコントローラ194にPID191の出力と共に入力される。PWMコントローラ194は、PID191の出力の符号から移動部材、すなわち手振れ補正光学系26の移動方向を判断し、この判断結果に基づいて、デューティ比Dを決定する。つまり、正方向に移動する場合にはデューティ比Dを3:7に決定し、逆方向に移動する場合にはデューティ比Dを7:3に決定する。そして、PWMコントローラ194は、PWM回路195を制御することによって、修正された駆動周波数及び決定したデューティ比DであるPWM信号を駆動回路25のHブリッジ回路252に供給する。Hブリッジ回路252は、直流電源電圧が電圧値 V_{px} で供給されたPWM信号に従ってX方向駆動アクチュエータ24の電気機械変換素子を駆動することによって、移動部材を所定の速度で移動させる。すなわち、手振れ補正光学系26を所定の速度で移動させる。

【0072】

制御回路19は、このような手振れ補正光学系26の位置制御をシャッターが開いて被写体像を撮像（露光）している間、所定の時間間隔で連続的に続ける。すなわち、制御回路19は、最新の目標位置 p_x と最新の現在位置 p_{xn} とから最適な制御電圧を決定し、その電圧値に応じた速度でX方向駆動アクチュエータ24を繰り返し駆動する。ここで、最新の目標位置 p_x は、Ya振れ検出ジャイロ11の出力信号に基づいて算出され、最新の現在位置 p_{xn} は、X方向位置センサ23の出力信号から取得する。この位置サーボ制御は、基本的には、位置偏差（ p_x と p_{xn} との差）、速度偏差が大きい場合に、X方向駆動アクチュエータ24の電気機械変換素子の印加電圧値が大きくなって駆動速度が速くなるように最適化される。その結果、目標位置 p_x との偏差が小さい状態で手振れ補正光学系26を駆動し続けることができる。

【0073】

このように本実施形態では、駆動電圧の周波数が基本駆動周波数に設定されるので、手振れ補正光学系26の速度及び位置を制御する場合に駆動周波数を制御する必要がない。そして、本実施形態では、駆動電圧の電圧値を調整することによって手振れ補正光学系26の駆動状態を最適化し、高性能な手振れ補正を行うことができる。さらに、本実施形態では、インパクト型圧電アクチュエータを手振れ補正光学系26の駆動装置に利用するので、撮影レンズ3の小型化、省電力化を図ることができる。そのため、カメラの小型化、省電力化を図ることができる。

【0074】

次に、図6に駆動回路25の一実施例を示す。

【0075】

図6は、駆動回路の一実施例を示す回路図である。図7は、NチャネルHブリッジ回路と電気機械変換素子の印加電圧との関係を示す回路制御状態図である。図7(A)は、制御端子IN1、IN2、INCに印加する電圧値と電気機械変換素子への印加電圧方向との関係を示し、図7(B)～(D)は、Hブリッジ回路の各スイッチ素子におけるオン・オフ状態と移動部材の移動方向との関係を示す。図8(A)は、X方向駆動アクチュエータに印加される電圧値 V_{px} （X方向駆動用の V_p ）であり、図8(B)は、X方向駆動アクチュエータ駆動用のPWMパルス X_{pwm} と、実際に電気機械変換素子に印加される印加電圧と関係を示す図である。図8(B)(a)は、X方向駆動アクチュエータに印加される電圧値 V_{px} を示し、図8(B)(b)は、X方向駆動アクチュエータ駆動用のPWMパルス X_{pwm} を示し、そして、図8(B)(c)は、実際に電気機械変換素子に印加される印加電圧を示す。

【0076】

図6において、ドライバ回路90は、2チャンネル(ch)分として2個のHブリッジ回

10

20

30

40

50

路 9 6、9 9 を内蔵し、その 1 c h は、図 7 に示すように、Hブリッジを構成するスイッチ素子が Nチャネル MOS 型 FET の回路である。Hブリッジ回路 9 6 は、ドライバ回路 9 0 の制御端子 I N 1 に入力される X p w m の H レベル / L レベルによって駆動方向 F / R が制御され、Hブリッジ回路 9 9 は、ドライバ回路 9 0 の制御端子 I N 2 に入力される Y p w m の H レベル / L レベルによって駆動方向 F / R が制御される。ここで、F は F o r w a r d すなわち正方向を示し、R は R e v e r s e すなわち逆方向を示す。

【0077】

そして、ドライバ回路 9 0 の制御端子 I N C を L レベルにすることによって印加電圧をオフ状態とすることが可能である。ドライバ回路 9 0 の制御端子 P S は、マイクロコンピュータ（以下、「マイコン」と略記する。）101 のパワーセーブ制御端子に接続され、手振れ補正を使用しないタイミングにおいて回路をオフ状態にする。

【0078】

また、ドライバ回路 9 0 には、Hブリッジ回路 9 6、9 9 の Nチャネル MOS 型 FET のオン／オフを制御可能とするように MOS 型 FET における制御端子の電圧を昇圧してレベルシフトを行う機能ブロック（発振回路 9 1、チャージポンプ回路 9 2、レベルコントロール回路 9 4 及びレベルシフト回路 9 8 など）や制御端子 I N 1、I N 2、I N C の出力信号から MOS 型 FET のオン／オフを制御するための SW コントロール機能ブロック（スイッチ回路 9 5 及びコントロール回路 9 7 など）が内蔵されており、マイコン 101 からの電圧値が低く、制御信号のための端子数が少ない場合でも、X 方向駆動アクチュエータ 2 4 や Y 方向駆動アクチュエータ 2 2 における印加電圧が制御可能のように構成されている。

【0079】

なお、ドライバ回路 9 0 は、これら発振回路 9 1、チャージポンプ回路 9 2、レベルコントロール回路 9 4 及びコントロール回路 9 7 に基準電圧を供給するために、バンドギャップレファレンス回路 9 3 を内蔵している。

【0080】

ドライバ回路 9 0 に対して、実際に X 方向駆動アクチュエータ 2 4 の電気機械変換素子及び Y 方向駆動アクチュエータ 2 2 の電気機械変換素子に印加される電圧は、それぞれ $V_{p x}$ 及び $V_{p y}$ として外部から供給される。その制御方法は、マイコン 101 の D/A 変換部である D A C A 7 0、D A C B 8 0 から X c h 用、Y c h 用として別々に供給される電圧値 $C V_{p x}$ 、 $C V_{p y}$ をバッファ回路 7 1、8 1 を介して、差動増幅器 7 2 ~ 7 4、8 2 ~ 8 4 でレベルシフト及び略増率変換を行い最適な印加電圧となつて、印加電圧 $V_{p x}$ 、 $V_{p y}$ が X 方向駆動アクチュエータ 2 4 の電気機械変換素子及び Y 方向駆動アクチュエータ 2 2 の電気機械変換素子にそれぞれ供給される。また、電源電圧 $V_{p i}$ は、X 方向駆動アクチュエータ 2 4 や Y 方向駆動アクチュエータ 2 2 に使用される電気機械変換素子の容量（大きさ）によって一定値として、電池や DC/DC コンバータなどから供給される。なお、カメラのレンズを駆動する場合などでは、電源電圧 $V_{p i}$ は、6 V ないし 8 V 程度が好ましい。コンデンサ 7 5、8 5 は、電気機械変換素子に例えば約 60 k H z の高周波の方形波電圧が印加されても印加電圧が大きく変化しないようにするための電荷蓄積用コンデンサである。本実施形態の場合では、マイコン 101 から制御する印加電圧の変化サイクル（例えば 1 k H z）、最大電圧変化量及び電気機械変換素子の容量を考慮して 1 μ F 程度が好ましい。

【0081】

一方、図 8（A）において、印加電圧制御値が $V_{p x}$ で固定されている場合、制御端子 I N 1 の H レベル（ $V_{c c}$ ）/ L レベル（G N D）に応答して Hブリッジ回路 9 6 の駆動方向 F / R が変化するために、実際の電気機械変換素子への印加電圧は、 $V_{p x} / -V_{p x}$ として変化する。

【0082】

図 8（B）に時間分解能を粗くして $V_{p x}$ の変化も同時に示す。約 60 k H z の Hブリッジ回路 9 6 の方向反転制御に対して、印加電圧を約 1 k H z で変化させて（最適印加電圧

を更新して)実際の電気機械変換素子への印加電圧を制御している。この制御によって、電気機械変換素子は、常に最適な共振周波数(例えば約60kHz)で共振しながら、その平均速度は、1kHzサイクルで制御可能となる。手振れ補正光学系26の駆動中は、繰り返しこの制御を行う。

【0083】

また、本実施形態では、カメラ本体2にY方向駆動アクチュエータ22及びX方向駆動アクチュエータ24を制御する制御回路19を設けたが、制御回路19を撮影レンズ3側に備えるようにしてもよい。これにより、手振れ補正光学系26を制御する各回路をカメラ本体2より除去することができるので、カメラ本体2をより小型化、低コスト化を図ることができる。

【0084】

図9～12は、ジャイロの感度温度変動について説明するための図である。図9(A)は、同一の機種ジャイロ(TYPE01_A)について、温度を変化させて感度変化率を複数個(5個)測定した測定結果を表す図であり、図9(B)は、図9(A)に示す測定結果を温度と感度変化率とを対応付けてグラフにした図である。図10は、図9のジャイロとはチャンネルが異なるジャイロの感度温度変動について説明するための図であり、図10(A)は、同一の機種ジャイロ(TYPE01_B)について、温度を変化させて感度変化率を複数個(5個)測定した測定結果を表す図であり、図10(B)は、図10(A)に示す測定結果を温度と感度変化率とを対応付けてグラフにした図である。図11は、図9のジャイロとは機種が異なるジャイロの感度温度変動について説明するための図であり、図11(A)は、機種が異なるジャイロ(TYPE02_A)について、温度を変化させて感度変化率を複数個(5個)測定した測定結果を表す図であり、図11(B)は、図11(A)に示す測定結果を温度と感度変化率とを対応付けてグラフにした図である。図12は、図9のジャイロとは機種及びチャンネルが異なるジャイロの感度温度変動について説明するための図であり、図12(A)は、機種及びチャンネルの異なるジャイロ(TYPE02_B)について、温度を変化させて感度変化率を複数個(5個)測定した測定結果を表す図であり、図12(B)は、図12(A)に示す測定結果を温度と感度変化率とを対応付けてグラフにした図である。

【0085】

なお、図9(B)、図10(B)、図11(B)及び図12(B)において、横軸は温度(℃)を表し、縦軸は感度変化率(%)を表す。また、上記「TYPE01_A」の「TYPE01」とは、ジャイロの機種を表し、「A」とはチャンネル(c.h.)を表している。すなわち、図9における「TYPE01_A」と後述の図10における「TYPE01_B」とは機種が同一でチャンネル(周波数)が異なるジャイロであり、「TYPE01_A」と後述の図11における「TYPE02_A」とは機種が異なりチャンネルが同一であるジャイロである。

【0086】

図9(A)では、5つのTYPE01_Aのジャイロに関して、室温25℃の感度変化率を0パーセントとして、温度を-5℃から70℃まで変化させ、-5℃、0℃、10℃、50℃及び70℃における感度変化率をそれぞれ測定している。

【0087】

ここで、温度が-5℃の場合における感度変化率の測定結果について説明する。図9(A)に示すように、温度が-5℃の場合、1個目の測定では、感度変化率が-0.6%であり、2個目の測定では、感度変化率が-0.3%であり、3個目の測定では、感度変化率が-1.7%であり、4個目の測定では、感度変化率が-1.5%であり、5個目の測定では、感度変化率が0.2%であった。また、図9(A)に示すTYPE01_Aのジャイロは、温度が-5℃の場合、感度変化率の5個の平均値(AVE)は-0.78%であり、感度変化率の最大値(MAX)は0.2%であり、感度変化率の最小値(MIN)は-1.7%であり、感度変化率の最大値から平均値を減算した値(MAX2)は0.98%であり、感度変化率の最小値から平均値を減算した値(MIN2)は-0.92%であ

った。

【0088】

温度が0℃の場合、感度変化率の5個の平均(AVE)は0.92%であり、感度変化率の最大値(MAX)は1.7%であり、感度変化率の最小値(MIN)は0.1%であり、感度変化率の最大値から平均値を減算した値(MAX2)は0.78%であり、感度変化率の最小値から平均値を減算した値(MIN2)は-0.82%であった。温度が10℃の場合、感度変化率の5個の平均(AVE)は1.9%であり、感度変化率の最大値(MAX)は2.2%であり、感度変化率の最小値(MIN)は1.3%であり、感度変化率の最大値から平均値を減算した値(MAX2)は0.3%であり、感度変化率の最小値から平均値を減算した値(MIN2)は-0.6%であった。温度が50℃の場合、感度変化率の5個の平均(AVE)は-2.5%であり、感度変化率の最大値(MAX)は-2.1%であり、感度変化率の最小値(MIN)は-2.8%であり、感度変化率の最大値から平均値を減算した値(MAX2)は0.4%であり、感度変化率の最小値から平均値を減算した値(MIN2)は-0.3%であった。温度が70℃の場合、感度変化率の5個の平均(AVE)は-4.42%であり、感度変化率の最大値(MAX)は-3.9%であり、感度変化率の最小値(MIN)は-5.0%であり、感度変化率の最大値から平均値を減算した値(MAX2)は0.52%であり、感度変化率の最小値から平均値を減算した値(MIN2)は-0.58%であった。

【0089】

図9(A)に示すように、TYPE01_Aのジャイロの感度変化率は、最小-5.0%から最大2.2%までの幅があり、この感度の温度変動の幅が振れ検出誤差となっている。また、図10(A)に示すように、TYPE01_Bのジャイロの感度変化率は、最小-8.5%から最大5.4%までの幅があり、この感度の温度変動の幅が振れ検出誤差となっている。また、図11(A)に示すように、TYPE02_Aのジャイロの感度変化率は、最小-5.7%から最大2.3%までの幅があり、この感度の温度変動の幅が振れ検出誤差となっている。さらに、図12(A)に示すように、TYPE02_Bのジャイロの感度変化率は、最小-2.0%から最大2.9%までの幅があり、この感度の温度変動の幅が振れ検出誤差となっている。

【0090】

上述のように、カメラ1の場合、撮影時において、図1のY1に示す方向にリリース鉤14を押し下げるため、ピッチ方向の振れ量のほうがヨー方向の振れ量よりも大きくなる傾向にある。そこで、振れ検出精度の高いジャイロ、すなわち、感度の温度変動の小さいジャイロをピッチ方向の振れを検出するジャイロとして用いる。すなわち、TYPE01のジャイロを使用する場合、TYPE01_AのジャイロとTYPE01_Bのジャイロとでは、TYPE01_AのジャイロのほうがTYPE01_Bのジャイロよりも検出誤差が小さいので、TYPE01_Aのジャイロをピッチ方向の振れ検知に使用する。同様に、TYPE02のジャイロを使用する場合、TYPE02_AのジャイロとTYPE02_Bのジャイロとでは、TYPE02_BのジャイロのほうがTYPE02_Aのジャイロよりも検出誤差が小さいので、TYPE02_Bのジャイロをピッチ方向の振れ検知に使用する。

【0091】

また、TYPE01_Aのジャイロの検出誤差の幅は7.2%であり、TYPE01_Bのジャイロの検出誤差の幅は13.9%であり、TYPE02_Aのジャイロの検出誤差の幅は8%であり、TYPE02_Bのジャイロの検出誤差の幅は4.9%であるので、これらのジャイロのうち、最も検出誤差が小さいTYPE02_Bのジャイロをピッチ方向の振れ検知に使用してもよい。

【0092】

このように、P振れ検出ジャイロ11とYa振れ検出ジャイロ12とにおいて、感度の温度変動の小さいジャイロをピッチ方向の振れを検出するP振れ検出ジャイロ11として用いることによって、低コストで精度の高い手振れ補正を行うことができるようにする。

10

20

30

40

50

【0093】

また、TYPE01_AのジャイロとTYPE01_Bのジャイロとは、機種が同じでチャンネルが異なるジャイロである。手振れ補正の場合、ピッチとヨーの2方向のカメラの回転振れを検知する必要があるため、TYPE01_AのジャイロとTYPE01_Bのジャイロとは、一般的にはセットで使用される。しかしながら、ジャイロは、圧電素子による振動を利用したセンサであるので、TYPE01_AのジャイロとTYPE01_Bのジャイロとが共振する可能性がある。そこで、ピッチ方向の振れ検知に用いられるジャイロと、ヨー方向の振れ検知に用いられるジャイロとは、圧電素子の駆動周波数を互いに異ならせている。すなわち、例えば、ピッチ方向の振れ検知に用いられるジャイロの駆動周波数を22 kHzになるように設定し、ヨー方向の振れ検知に用いられるジャイロの駆動周波数を24 kHzになるように設定する。このような設定は、例えば、ジャイロに用いられる圧電素子の長さを、ピッチ方向とヨー方向とで互いに異ならせることによって行われる。

【0094】

このように、P振れ検出ジャイロ11とYa振れ検出ジャイロ12とは駆動周波数が異なるので、圧電素子を有する振動ジャイロによりYa振れ検出ジャイロ12とP振れ検出ジャイロ11とが構成される場合、2つのセンサによる共振を防止することができる。

【0095】

(第2の実施形態)

第1の実施形態では、振れ検出精度の高いジャイロをピッチ方向の角速度を検出するP振れ検出ジャイロ11に用いることで、低コストで精度の高い手振れ補正を行っているが、第2の実施形態では、ジャイロの感度の温度補正を行うことによって、さらに振れ検出精度の高い手振れ補正を行う。

【0096】

図13は、第2の実施形態における手振れ補正機能付きカメラの構成を概略的に示すブロック図である。

【0097】

図13において、第2の実施形態における手振れ補正機能付きカメラ1'は、カメラ本体2及び撮影レンズ3を備えて構成される。カメラ本体2は、感度補正部10、P振れ検出ジャイロ11、Ya振れ検出ジャイロ12、温度センサ13、リリース釦14、振れ検出回路15、振れ量検出回路16、係数変換回路17、シーケンスコントロール部18及び制御回路19を備える。撮影レンズ3は、Y方向位置センサ21、Y方向駆動アクチュエータ22、X方向位置センサ23、X方向駆動アクチュエータ24、駆動回路25、手振れ補正光学系26及び撮影光学系27を備えて構成される。なお、図13に示す第2の実施形態におけるカメラ1'の構成は、図2に示す第1の実施形態におけるカメラ1の構成とはほぼ同じであるため、ここでは異なる構成のみを説明する。

【0098】

振れ量検出回路16から出力されるカメラのX方向の振れ量 d_{etx} 及びY方向の振れ量 d_{ety} は、感度補正部10に入力される。感度補正部10は、温度センサ13によって検出される装置内の温度の温度情報に基づいて、振れ量検出回路16から出力されるカメラのX方向の振れ量 d_{etx} 及びY方向の振れ量 d_{ety} の感度の温度補正を行う。具体的に、感度補正部10は、温度センサ13によって検出される装置内の温度の温度情報に基づいて、装置内の温度とジャイロの感度の温度補正係数とが対応付けられているLUT（ルックアップテーブル）を参照して補正係数を決定し、決定された補正係数で振れ量の温度補正を行う。ルックアップテーブルは、温度情報に対応付けられる感度の補正係数を記憶しており、例えば、 -5°C から 70°C までの温度範囲において、 5°C 刻みで補正係数を対応付けて記憶する。感度補正部10によって感度が補正されたX方向の振れ量 d_{etx} 及びY方向の振れ量 d_{ety} は、係数変換回路17に入力される。

【0099】

温度センサ13は、例えば、サーミスタなどであり、周囲温度を検出してカメラ本体2の

感度補正部 10、係数変換回路 17 及び制御回路 19 に検出結果を出力する。検出結果は、温度による特性の変化を補正するために利用される。例えば、Y a 振れ検出ジャイロ 11 及び P 振れ検出ジャイロ 12 の感度の温度変化特性に対する補正、手振れ補正光学系 26 及各方向の位置センサ 21、23 の温度変化に対する補正、各方向の駆動アクチュエータ 22、24 の基本駆動周波数、駆動電圧などの補正である。これらは、カメラ本体 2 内の前述のメモリ (不図示) に各特性ごとに温度に対する補正値を示す LUT テーブルを予め記憶させることで行う。

【0100】

なお、温度センサ 13 は、Y a 振れ検出ジャイロ 11 及び P 振れ検出ジャイロ 12 の感度の温度補正を行うため、Y a 振れ検出ジャイロ 11 及び P 振れ検出ジャイロ 12 の近傍に設けることが好ましい。また、手振れ補正光学系 26 及各方向の位置センサ 21、23 の温度変化に対する補正、各方向の駆動アクチュエータ 22、24 の基本駆動周波数、駆動電圧などの補正を行うための温度センサを撮影レンズ 3 内に設けてもよい。さらに、Y a 振れ検出ジャイロ 11 及び P 振れ検出ジャイロ 12 の温度を検出するための温度センサを特別に設ける必要はなく、CCD 等の温度を検出する必要がある部材がカメラ 1 に用いられている場合、その温度を検出する温度センサを Y a 振れ検出ジャイロ 11 及び P 振れ検出ジャイロ 12 の温度を検出するための温度センサとして用いてもよい。

【0101】

ここで、図 9 (A) に示す測定結果から、ジャイロの感度の温度特性は、図 9 (B) のように表される。また、図 10 (A)、図 11 (A) 及び図 12 (A) に示す測定結果から、ジャイロの感度の温度特性は、図 10 (B)、図 11 (B) 及び図 12 (B) のように表され、図 9 (B) と同様に、ジャイロの感度の温度特性は、室温である 25℃を基準にした場合、室温 25℃よりも温度が高くなると低感度となり、室温 25℃よりも温度が低くなると高感度となる。そのため、ジャイロ内部では、温度が変化しても感度が一定となるような構造上の工夫又は調整がなされているが、感度の温度変動を完全になくすことは困難であった。

【0102】

一方、図 9 (A) に示すように、感度変化率の最大値から平均値を減算した値 (MAX 2) と、感度変化率の最小値から平均値を減算した値 (MIN 2) とを見てみると、温度変動は、-0.92%~0.98%に抑えられていることがわかる。そこで、感度変化率がこの平均値 (AVE) を減算した値となるように P 振れ角速度信号及び Y a 振れ角速度信号 (X 方向の振れ量及び Y 方向の振れ量) を補正することによって、感度の温度変動を抑えることが可能となり、検出精度をさらに向上させることが可能となる。すなわち、感度変化率が、ジャイロから出力される出力信号の感度変化率から予め測定された感度変化率の平均値を減算した値となるような補正係数を予め温度と対応付けてルックアップテーブルとしてメモリに記憶しておき、感度補正部 10 は、温度センサ 13 によって検出された温度情報に基づいてルックアップテーブルを参照することによって補正係数を決定し、決定された補正係数をジャイロからの出力信号に乗算することによって感度の補正を行う。

【0103】

図 14 は、ジャイロの機種及びチャンネル間の感度温度変動の差を表す図である。図 14 に示すように、感度の温度補正を行わなかった場合、TYPE 01_A のジャイロでは、検出誤差の最大値 (MAX) が 2.2%であり、検出誤差の最小値 (MIN) が -5.0%であり、最大値と最小値との幅が 7.2%である。感度の温度補正を行わなかった場合、TYPE 01_B のジャイロでは、検出誤差の最大値 (MAX) が 5.4%であり、検出誤差の最小値 (MIN) が -8.5%であり、最大値と最小値との幅が 13.9%である。感度の温度補正を行わなかった場合、TYPE 02_A のジャイロでは、検出誤差の最大値 (MAX) が 2.3%であり、検出誤差の最小値 (MIN) が -5.7%であり、最大値と最小値との幅が 8%である。感度の温度補正を行わなかった場合、TYPE 02_B のジャイロでは、検出誤差の最大値 (MAX) が 2.9%であり、検出誤差の最小値 (MIN) が -2.0%であり、最大値と最小値との幅が 4.9%である。

【0104】

TYPE01のジャイロを用いて手振れ補正を行う場合、検出誤差が10%以下の精度を求めるのであれば、本実施形態のように、感度の温度補正を行う必要がある。しかしながら、TYPE02のジャイロを用いて手振れ補正を行う場合、検出誤差が10%以下の精度を求めるのであれば、TYPE02_AのジャイロとTYPE02_Bのジャイロとで、いずれも検出誤差が10%以下であるため、感度の温度補正を行う必要がない。すなわち、ジャイロの検出誤差が一定の精度を有している場合、必ずしも感度の温度補正を行う必要はなく、さらに高精度の検出（例えば、検出誤差が5%以下）を行う場合にのみ、感度の温度補正を行ってもよい。

【0105】

一方、感度の温度補正を行った場合、TYPE01_Aのジャイロでは、検出誤差の最大値(MAX)が0.98%であり、検出誤差の最小値(MIN)が-0.92%であり、最大値と最小値との幅が1.9%である。感度の温度補正を行った場合、TYPE01_Bのジャイロでは、検出誤差の最大値(MAX)が2.14%であり、検出誤差の最小値(MIN)が-2.38%であり、最大値と最小値との幅が4.52%である。感度の温度補正を行った場合、TYPE02_Aのジャイロでは、検出誤差の最大値(MAX)が1.48%であり、検出誤差の最小値(MIN)が-1.82%であり、最大値と最小値との幅が3.3%である。感度の温度補正を行った場合、TYPE02_Bのジャイロでは、検出誤差の最大値(MAX)が0.96%であり、検出誤差の最小値(MIN)が-0.74%であり、最大値と最小値との幅が1.7%である。

【0106】

図14に示すように、感度の温度補正を行った場合、TYPE01_Aのジャイロで検出誤差の最大値と最小値との幅が1.9%となり、TYPE01_Bのジャイロで検出誤差の最大値と最小値との幅が4.52%となり、温度補正を行わなかった場合に比して、検出誤差を約5~9%も抑えることができ、検出精度を向上させることができる。同様に、TYPE02_Aのジャイロでは、検出誤差の最大値と最小値との幅が3.3%となり、TYPE02_Bのジャイロで検出誤差の最大値と最小値との幅が1.7%となり、温度補正を行わなかった場合に比して、検出誤差を約3~5%も抑えることができ、検出精度を向上させることができる。

【0107】

したがって、本実施形態に係る撮像装置は、手振れ補正を従来と略同様に補正することができる一方、従来のように温度による誤差を補正するための構成を新たに設ける必要がなく、また従来のように回路構成を複雑にすることなく、低コストで精度の高い手振れ補正を行うことができる。

【0108】

なお、本実施形態では、手振れ補正光学系26を駆動することによって手振れを補正しているが、本発明は特にこれに限定されず、被写体像を撮像する撮像素子(CCD)を駆動することによって手振れを補正してもよく、さらに撮像素子によって撮像された画像データを画像処理することによって手振れを補正してもよい。

【0109】

また、第2の実施形態では、Yα振れ検出ジャイロ11及びP振れ検出ジャイロ12の感度の温度変動を補正しているが、本発明は特にこれに限定されず、P振れ検出ジャイロ12の感度の温度変動のみを補正してもよい。すなわち、カメラでは、ヨー方向の振れよりもピッチ方向の振れの方が大きいのでピッチ方向の振れを検出するP振れ検出ジャイロ12の感度の温度変動のみを補正するだけでも十分な検出精度を得ることができる。この場合、温度センサ13は、Yα振れ検出ジャイロ11及びP振れ検出ジャイロ12の近傍に設けるのではなく、P振れ検出ジャイロ12の近傍のみに設ければよく、感度補正部10は、P振れ検出ジャイロ12の感度の温度変動のみを補正すればよい。したがって、温度センサから出力される温度情報に基づいて、P振れ検出ジャイロ12から出力される出力信号の感度のみが補正されるので、Yα振れ検出ジャイロ11及びP振れ検出ジャイロ1

2の両方の出力信号の感度を補正する場合に比して、構成を簡略化することができることも、処理を簡略化することができる。

【0110】

このように、Y a振れ検出ジャイロ12及びP振れ検出ジャイロ11の温度を検出する温度センサ13によって、当該Y a振れ検出ジャイロ12及びP振れ検出ジャイロ11の温度が温度情報として検出され、感度補正部10によって、温度センサ13によって検出された温度情報に基づいて、Y a振れ検出ジャイロ12及びP振れ検出ジャイロ11から出力される出力信号の感度が補正される。

【0111】

したがって、Y a振れ検出ジャイロ12及びP振れ検出ジャイロ11から出力される出力信号に対して、Y a振れ検出ジャイロ12及びP振れ検出ジャイロ11の感度の温度変動に
10 応じた補正を行うことができ、低コストで精度の高い手振れ補正を行うことができる。

【0112】

また、温度情報に対応付けられる感度の補正係数を記憶するルックアップテーブルを参照して補正係数が決定され、決定された補正係数によりY a振れ検出ジャイロ12及びP振れ検出ジャイロ11のうちの少なくとも一方から出力される出力信号の感度が補正されるので、Y a振れ検出ジャイロ12及びP振れ検出ジャイロ11の温度を検出することによ
15 って、容易に感度の補正を行うことができ、低コストで精度の高い手振れ補正を行うことができる。

【0113】

なお、上述した具体的実施形態には以下の構成を有する発明が主に含まれている。

【0114】

(1) ヨー方向の振れを検出する横振れ検出センサと、
ピッチ方向の振れを検出する縦振れ検出センサと、
前記横振れ検出センサから出力される出力信号と前記縦振れ検出センサから出力される出力信号とに基づいて手振れを補正する手振れ補正部とを備え、
前記縦振れ検出センサは、前記横振れ検出センサよりも振れ検出精度が高いことを特徴とする撮像装置。

【0115】

(2) 前記縦振れ検出センサは、前記横振れ検出センサよりも検出感度の温度変動が小さいことを特徴とする上記(1)記載の撮像装置。
30

【0116】

(3) 前記横振れ検出センサと前記縦振れ検出センサとは駆動周波数が異なることを特徴とする上記(1)又は(2)記載の撮像装置。

【0117】

(4) 前記横振れ検出センサ及び前記縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方の温度を検出する温度センサと、
前記温度センサから出力される温度情報に基づいて、前記横振れ検出センサ及び前記縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方から出力される出力信号の感度を補正する感度補正部とをさらに備えることを特徴とする上記(1)～(3)のいずれかに記載の撮像装置。
40

【0118】

(5) 前記温度情報に対応付けられる感度の補正係数を記憶するルックアップテーブルをさらに備え、
感度補正部は、前記ルックアップテーブルを参照して前記補正係数を決定し、決定された前記補正係数により前記横振れ検出センサ及び前記縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方から出力される出力信号の感度を補正することを特徴とする上記(4)記載の撮像装置。

【0119】

(6) 前記縦振れ検出センサの温度を検出する温度センサと、
前記温度センサから出力される温度情報に基づいて、前記縦振れ検出センサから出力され
50

る出力信号の感度を補正する感度補正部とをさらに備えることを特徴とする上記（１）～（３）のいずれかに記載の撮像装置。

【０１２０】

（７）前記温度情報に対応付けられる感度の補正係数を記憶するルックアップテーブルをさらに備え、

感度補正部は、前記ルックアップテーブルを参照して前記補正係数を決定し、決定された前記補正係数により前記縦振れ検出センサから出力される出力信号の感度を補正することを特徴とする上記（６）記載の撮像装置。

【０１２１】

（８）前記手振れ補正部は、撮像素子を駆動する撮像素子駆動部及び光学系を駆動する光学系駆動部のいずれかを含むことを特徴とする上記（１）～（５）のいずれかに記載の撮像装置。 10

【０１２２】

この構成によれば、撮像素子を駆動する撮像素子駆動部及び光学系を駆動する光学系駆動部のいずれかによって、横振れ検出センサから出力される出力信号と縦振れ検出センサから出力される出力信号とに基づいて手振れが補正されるので、撮像素子を駆動することによって手振れを補正することができ、光学系を駆動することによって手振れを補正することができる。

【０１２３】

（９）前記手振れ補正部は、撮像素子によって撮像された画像データを画像処理する画像処理部を含むことを特徴とする上記（１）～（５）のいずれかに記載の撮像装置。 20

【０１２４】

【発明の効果】

請求項１に記載の発明によれば、ヨー方向の振れよりもピッチ方向の振れの振れ量のほうが大きい撮像装置において、横振れ検出センサと縦振れ検出センサとのうち、振れ検出精度の高いセンサが縦振れ検出センサに用いられるので、従来のように温度による誤差を補正するための構成を新たに設ける必要がなく、また従来のように回路構成を複雑にすることなく、低コストで精度の高い手振れ補正を行うことができる。

【０１２５】

請求項２に記載の発明によれば、ヨー方向の振れよりもピッチ方向の振れの振れ量のほうが大きい撮像装置において、前記横振れ検出センサと前記縦振れ検出センサとのうち、検出感度の温度変動が小さいセンサが縦振れ検出センサに用いられるので、従来のように温度による誤差を補正するための構成を新たに設ける必要がなく、また従来のように回路構成を複雑にすることなく、低コストで精度の高い手振れ補正を行うことができる。 30

【０１２６】

請求項３に記載の発明によれば、横振れ検出センサと縦振れ検出センサとは駆動周波数が異なるので、圧電素子を有する振動ジャイロにより横振れ検出センサと縦振れ検出センサとが構成される場合、２つのセンサによる共振を防止することができる。

【０１２７】

請求項４に記載の発明によれば、横振れ検出センサ及び縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方から出力される出力信号に対して、横振れ検出センサ及び縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方の感度の温度変動に応じた補正を行うことができ、低コストで精度の高い手振れ補正を行うことができる。 40

【０１２８】

請求項５に記載の発明によれば、温度情報に対応付けられる感度の補正係数を記憶するルックアップテーブルを参照して補正係数が決定され、決定された補正係数により横振れ検出センサ及び縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方から出力される出力信号の感度が補正されるので、横振れ検出センサ及び縦振れ検出センサのうちの少なくとも一方の温度を検出することによって、容易に感度の補正を行うことができ、低コストで精度の高い手振れ補正を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態における手振れ補正機能付きカメラの一実施形態を構成するカメラ本体に内蔵された主要部材の配置を示す外観図である。

【図2】第1の実施形態における手振れ補正機能付きカメラの構成を概略的に示すブロック図である。

【図3】手振れ補正光学系ユニットの構成を概略的に示す図である。

【図4】制御回路及びその周辺回路の構成を示すブロック図である。

【図5】L Uテーブル回路において用いられるルックアップテーブル化される特性の一例を示す図である。

【図6】駆動回路の一実施例を示す回路図である。

10

【図7】NチャネルHブリッジ回路と電気機械変換素子の印加電圧との関係を示す回路制御状態図である。

【図8】X方向駆動アクチュエータに印加される電圧値 V_{px} （X方向駆動用の V_p ）と、X方向駆動アクチュエータ駆動用のPWMパルス X_{pwm} と、実際に電気機械変換素子に印加される印加電圧と関係を示す図である。

【図9】ジャイロの感度温度変動について説明するための図である。

【図10】図9のジャイロとはチャンネルが異なるジャイロの感度温度変動について説明するための図である。

【図11】図9のジャイロとは機種が異なるジャイロの感度温度変動について説明するための図である。

20

【図12】図9のジャイロとは機種及びチャンネルが異なるジャイロの感度温度変動について説明するための図である。

【図13】第2の実施形態における手振れ補正機能付きカメラの構成を概略的に示すブロック図である。

【図14】ジャイロの機種及びチャンネル間の感度温度変動の差を表す図である。

【符号の説明】

1, 1' カメラ

2 カメラ本体

3 撮影レンズ

11 P振れ検出ジャイロ

30

12 Y a振れ検出ジャイロ

13 温度センサ

14 レリーズ釦

15 振れ検出回路

16 振れ量検出回路

17 係数変換回路

18 シーケンスコントロール回路

19 制御回路

21 Y方向位置センサ

22 Y方向駆動アクチュエータ

40

23 X方向位置センサ

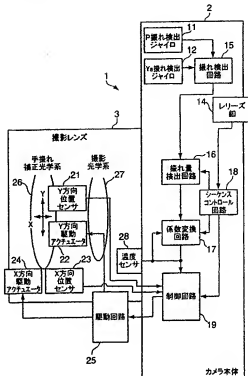
24 X方向駆動アクチュエータ

25 駆動回路

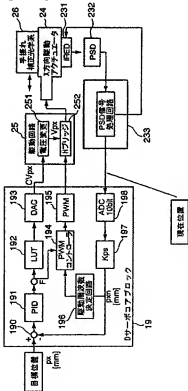
26 手振れ補正光学系

27 撮影光学系

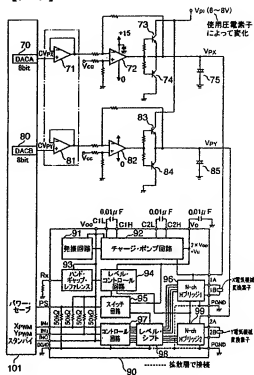
【図 2】



【図 4】



【図 6】

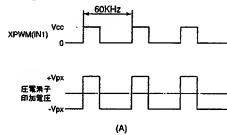


【图 8】

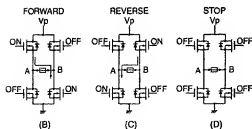
INC	IN ₁	IN ₂	H ₁	H ₂
H	H	H	F	F
H	L	H	R	F
H	L	L	R	R
H	H	L	F	R
L	x	x	STOP	

F : FORWARD
R : REVERSE

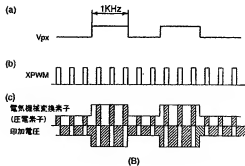
(A)



(A)



(a)

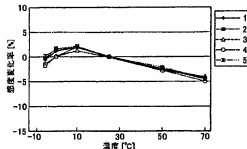


【図 9】

(A)

LOT No.	感度温度変動						
	-5	0	10	25	50	70	
1A	1	-0.6	1.2	1.9	0	-2.5	-4.2
	2	-0.3	1.7	2.1	0	-2.4	-4.6
	3	-1.7	0.1	1.3	0	-2.7	-3.9
	4	-1.5	0.1	2	0	-2.8	-5.0
	5	0.2	1.6	2.2	0	-2.1	-4.4
AVE		-0.79	0.92	1.9	0	-2.5	-4.42
MAX		0.2	1.7	2.2	0	-2.1	-3.9
MIN		-1.7	0.1	1.3	0	-2.8	-5.0
MAX2		0.98	0.78	0.3	0	0.4	0.52
MIN2		-0.92	-0.82	-0.6	0	-0.3	-0.58

(B)

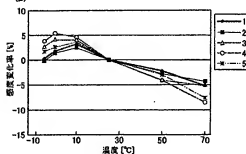


【図 10】

(A)

LOT No.	感度温度変動						
	-5	0	10	25	50	70	
1B	1	0.3	1.8	3.2	0	-2.2	-5.2
	2	-0.2	1.4	2.5	0	-2.7	-4.3
	3	2.7	4.2	4.1	0	-4.0	-5.0
	4	3.8	5.4	4.6	0	-4.1	-8.5
	5	1.7	2.6	3.6	0	-3.0	-7.6
AVE		1.86	3.08	3.6	0	-3.18	-8.12
MAX		3.8	5.4	4.6	0	-2.7	-4.3
MIN		-0.2	1.4	2.5	0	-4.1	-8.5
MAX2		2.14	2.32	1.0	0	0.88	1.92
MIN2		-1.86	-1.68	-1.1	0	-0.92	-2.38

(B)

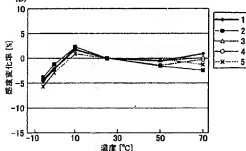


【図 11】

(A)

LOT No.	感度温度変動						
	-5	0	10	25	50	70	
2A	1	-4.6	-2.1	1.7	0	-0.4	0.9
	2	-3.8	-1.2	2.3	0	-1.5	-2.4
	3	-4.2	-2.1	2.1	0	-0.4	0.2
	4	-4.4	-1.8	1.8	0	-1.4	-0.3
	5	-5.7	-2.9	0.9	0	-0.3	-1.3
AVE		-4.54	-2.02	1.72	0	-0.8	-0.58
MAX		-3.8	-1.2	2.3	0	-0.3	0.9
MIN		-5.7	-2.9	0.9	0	-1.5	-2.4
MAX2		0.65	0.82	0.58	0	0.5	1.48
MIN2		-1.16	-0.88	-0.82	0	-0.7	-1.82

(B)

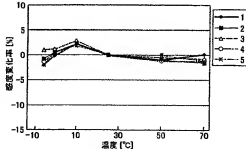


【図 12】

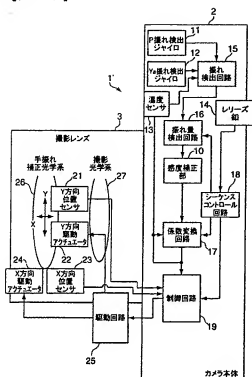
(A)

LOT No.	感度温度変動						
	-5	0	10	25	50	70	
2B	1	-2.0	-0.2	2.2	0	-1.0	0.1
	2	-0.8	0.5	2.3	0	-0.7	-1.6
	3	1.0	1.2	2.9	0	-0.3	-0.7
	4	-1.4	0.4	2.3	0	-1.2	-1.2
	5	-1.9	0.4	1.8	0	0	-1.1
AVE		-1.38	0.38	2.3	0	-0.84	-0.86
MAX		-0.8	1.2	2.9	0	0	0.1
MIN		-2.0	-0.2	1.8	0	-1.2	-1.6
MAX2		0.98	0.82	0.6	0	0.94	0.98
MIN2		-0.82	-0.58	-0.5	0	-0.56	-0.74

(B)



【図13】



【図14】

密度温度補正	偏差	TYPE01		TYPE02	
		A(ch)	B(ch)	A(ch)	B(ch)
無し	MAX	2.2	5.4	2.3	2.8
	MIN	-5.0	-8.5	-5.7	-2.0
	幅	7.2	13.9	8	4.9
有り	MAX	0.98	2.14	1.48	0.86
	MIN	-0.92	-2.38	-1.92	-0.74
	幅	1.9	4.52	3.3	1.7